

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОСВАРКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БРОНЕКОРПУСОВ ТАНКОВ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

До начала бронекорпусного производства на Уралмашзаводе электро-сварка была представлена достаточно широко и применялась в артиллерийском производстве (гаубица М-30), а также при проведении ремонтных работ, изготовлении крупных металлоконструкций в процессе сборки машин. Наибольший объем работ по сварке приходился на сварочный цех, другие виды продукции имели сравнительно небольшой объем сварочных работ и обеспечивались созданными при цехах отдельными сварочными участками.

Организация работ во всех цехах, за исключением занятых артиллерийским производством, согласно выпускаемой продукции представляла собой индивидуальное производство. На заводе имелась электродная мастерская, полностью покрывавшая потребности производства всех сварочных работ на предприятии.<sup>117</sup> На УЗТМ имелся штат электросварщиков в количестве 76 чел., среди которых 28 специалистов хорошо владели техникой сварки и могли самостоятельно решать возникающие технологические вопросы.

В июле 1941 г. Уралмашзавод получает задание на производство корпусов для танка серии «КВ». Корпуса этих танков собирались из сталей, обработанных на среднюю твердость. Кроме того, было известно, что сварка броневых сталей сильно отличается от сварки рядовых сталей. Прежде всего, речь шла о влиянии температурного режима процесса сварки на внутреннюю структуру металла бронелистов и шва. При сварке этих сталей, в зоне прилегающей к шву, в результате теплового воздействия происходила сильная закалка. В соседней с ней зоне – происходил отпуск, а дальше, в толщине металла, никаких изменений не возникало, и сохранялась первоначальная структура металла, который до сварки обычно проходил окончательную термообработку.

Металл закаленной зоны имел меньшую удельную плотность и, стремился занять больший объем, чем соседняя зона отпуска, образуя между собой напряженное состояние. Сам процесс закалки также способствовал возникновению напряженности в металле и, соответственно, придавал хрупкость. Кроме того, отмечались дополнительные напряжения от сокращения шва в период его затвердевания и охлаждения. Таким образом, сумма этих факторов вела к усиленному образованию трещин в зонах сварки, отпуска и в самом шве.

Учитывая толщину свариваемых листов и их высокую прочность, однородности сварочного шва в то время добиться не могли. Для усиления прочности соединения броневых листов использовалось соединение их с помощью приваренных изнутри угольников и прочих металлоконструкций. Согласно первым производственным установкам, полученным от Кировского завода на период освоения, сварку броневых деталей

<sup>117</sup> ГАСО. Р-262. Оп.1. Д. 69.Л. 127.

надлежало выполнять с большой осторожностью, например, токами пониженной силы, многослойными швами, электродами малого диаметра. Эти особенности проведения сварки броневых сталей на начальном этапе освоения бронекорпусного производства определили его высокую трудоемкость и объясняют немалые временные затраты.<sup>118</sup>

Имевшихся на предприятии специалистов-сварщиков для выполнения программы корпусного производства было недостаточно. Потребность предприятия в этих рабочих также не смогли покрыть кадры, доставленные по эвакуации. Для выполнения все возрастающей программы корпусного производства, на заводе была организована подготовка этих специалистов по сокращенной программе. Обучались, в большинстве своем, подростки 14 – 17 лет и демобилизованные красноармейцы. Срок обучения составлял 1,5 месяца.

В августе 1941 г. на Уралмашзаводе был создан сварочный отдел, затем сварочная лаборатория и аппаратная мастерская. Эта мастерская, начав деятельность с ремонта газорежущей аппаратуры, освоила в последствие, производство автоматических и полуавтоматических установок для электросварки. Сварочная лаборатория занималась вопросами разработки, улучшения технологии сварки броневой стали в рамках предприятия. Выделение сварочного отдела в структуре предприятия говорит о той высокой роли, которую играла сварка в танковом производстве периода Великой Отечественной войны.

Особенно тяжело происходил процесс освоения самого производства бронекорпусов. Много усилий требовалось коллективу завода для отработки технологии сборки и сварки, выяснение рациональных способов выполнения сварочных работ, освоения отдельных операций лицами их непосредственно выполнявшими. В итоге был выработан определенный порядок выполнения монтажных работ. Все сварочные операции происходили после сборки на стенде всего корпуса. Сварка осуществлялась бригадами в составе 8 – 10 чел. В дальнейшем, в связи с реорганизацией производства и повышением его технологичности, число специалистов в бригаде уменьшилось. Сварочный цех получил № 32 и был первоначально разбит на три участка: корпусов, башен, монтажа.

Постоянный рост программы выпуска комплектов корпусов для УЗТМ заставил всерьез заняться поисками способов сокращения цикла работ по отдельным операциям. Главная проблема заключалась в том, что размер производственных площадей не позволял решать эту задачу посредством простого увеличения числа сварочных и сборочных постов.<sup>119</sup>

Как известно, наибольшие затраты по времени в корпусном производстве приходились на стендовую сборку и общую сварку. В результате перевода части работ с общей сварки на сварку узловую, и упрощения конструкции самого бронекорпуса «КВ», цикл общего производства этой продукции был значительно сокращен. Если в начале 8 – 10 чел. сварщи-

<sup>118</sup> ГАСО. Р-262.Оп.1. Д.69.Л.134.

<sup>119</sup> Там же. Л.137.

ков затрачивали на сварку корпуса от 18 до 23 час., то, в дальнейшем, бригадой из 6 – 7 чел. тот же корпус сваривался за 7 – 10 час.<sup>120</sup>

С апреля 1942 г. на УЗТМ началась подготовка производства танков Т-34. Их корпуса заметно отличались от выпускавшихся до этого здесь корпусов «КВ». Кроме более сложного конструктивного оформления, на Т-34 применялась броня, обработанная на высокую твердость. Насыщенность стали марки «8-с» большим числом легирующих материалов делала ее особенно восприимчивой к закалке и, следовательно, образованию трещин. Эта марка стали, из всех, применявшихся тогда в советском танкостроении давала наибольшее количество трещин, которые часто проявлялись не сразу, а по истечении длительного времени: в течение нескольких недель или месяцев.<sup>121</sup>

Сварочный отдел предприятия совместно с НИИ-48 пытался решить эти проблемы. Уменьшение брака планировалось достичь с помощью ряда мер. В частности: путем некоторого ограничения содержания углерода в стали, подогревом бортов индукционными токами перед резкой. Отмечалось использование «низкого отпуска» деталей в печах после сварки, замедление процесса резки бронелиста. Рассчитывали также избавиться от трещин путем начальной вырезки деталей из «сырого» листа.

По мере нарастания программы завода постоянно ощущался недостаток сварочного оборудования. И, если первоначально руководству завода удавалось решать этот вопрос путем введения дополнительных аппаратов постоянного тока, то вскоре эти резервы были исчерпаны. Для перехода на сварку переменным током требовалось изготовить в массовом порядке новые марки электродов. После того как это было сделано заводской сварочной лабораторией, дальнейшее увеличение числа сварочных постов производилось за счет аппаратов переменного тока

Рекламации на бронекорпуса Уралмашзавода приходили почти систематически. Полигонные же испытания корпусов УЗТМ на полигоне в «Кубинке» летом 1944 г. выявили исключительно низкое качество сварочных работ. Для улучшения качества продукции дирекция завода значительно ужесточила испытания сварщиков, допускаемых до корпусных работ. Для повышения ответственности сварщиков, применялось клеймение швов. Клеймились основные сварные швы машин. Засверливание швов применялось для более четкого контроля качества сварки. Были сглажены колебания силы тока в сетях сварочных аппаратов, улучшена механообработка свариваемых поверхностей, введен контроль корпусов на водонепроницаемость.<sup>122</sup>

Было очевидно, что выполнение программы производства бронекорпусов могло быть обеспечено двумя путями: за счет увеличения числа сварочных постов и за счет повышения производительности труда. Последнее достигалось, в первую очередь, благодаря применению повышенных режимов сварки (увеличение силы тока) там, где это было возможно.<sup>123</sup>

<sup>120</sup> ГАСО. Р-262. Оп.1. Д.69. Л. 138

<sup>121</sup> Там же. Л.144.

<sup>122</sup> ГАСО. Р-262. Оп.1. Д.68. Л.191

<sup>123</sup> Там же. Л.81.

Первоначально, состояние наличного парка сварочного оборудования УЗТМ препятствовало увеличению силы тока и создавало большие трудности с обеспечением нормальной работы, поэтому вопрос о дополнительных мощностях не снимался. При этом сеть «Уралэнерго», из-за перегрузок, часто не обеспечивала нормального бесперебойного питания электричеством необходимой мощности и напряжения. Поэтому, завод старался находить и внедрять такое сварочное оборудование, которое бы восполнило существующий на предприятии парк и обеспечило бы требуемую мощность для высокопроизводительной сварки.

Первоначально, когда сварка производилась вручную от индивидуальных постов, а место сварки было загромождено проводами, имели место следующие явления: а) сварочный ток случайно попадал на трубы силовых кабелей, вызывая их разогрев докрасна и, как следствие, выход из строя; б) загорание крыши (8-й пролет корпусного цеха). Предположительно, ток прошел по водосточной трубе до конструкций крыши цеха; в) частое сгорание проводов, т.к. от поста положение обратного провода (заземление) во время сварки было случайным и не имевшее постоянной схемы и крепления.<sup>124</sup>

Было решено сделать заземление обратных сварочных проводов путем прокладки по полу цеха пластин из полосового железа (800x10x5000 мм.) в виде сетки, через каждые 1 – 2 м. по всей площади сварочных работ. При этом вместо большого количества обратных проводов (по числу постов) получился один обратный провод, сконцентрированный на группу сварочных аппаратов.

Постепенно в связи с возрастанием объемов сварочного производства (установка многопостовых сварочных машин на 40 и 100 возможных точек подключения), заводу пришлось заменить прежние способы расположения обратного провода, чтобы выдержать всю нагрузку этих агрегатов (до 23000 ампер). Система обратного провода через железные полосы была заменена специальными двутавровыми балками, которые были закреплены заподлицо с уровнем пола и поддерживались в чистоте, играя роль проводника. Для переделки системы обратного провода пришлось потратить до 500 т. металла.

Первые признаки положительного разрешения вопроса с «обратным проводом» выразились в том, что престало наблюдаться искрение на крюках и тросах цеховых кранов во время кантовки деталей на сварочных участках.

Полученные с многопостовыми сварочными машинами балластные реостаты завода «Электрик» типа РНС-200-II на 65 Вт для сварки корпусов оказались малопригодны и при первоначальном напряжении машины в 50 Вт максимально могли обеспечить подачу сварочного тока не более 125 А. Для необходимой регулировки силы тока и работы всех имевшихся многопостовых машин на предприятии потребовалось бы подключить 150 таких реостатов. Завод «Электрик» к тому же находился в эвакуации, и был не в состоянии обеспечить производство Уралмаша нужным числом реостатов.

---

<sup>124</sup> Там же. Л.110.

Для временного выхода из ситуации, инженер УЗТМ Кожевников сконструировал из подручных материалов специальный реостат (из двух стандартных чугунных ящиков сопротивления завода «Динамо» и ХЭМЗ на силу сварного тока от 120 до 450 А. с плавностью регулировки по 30А.). Для реостатов этого типа на один сварочный пост требовалось всего 2 ящика сопротивления, при этом температура нагрева при заданной силе тока не должна была превышать 300С.

Эти агрегаты, в расчете на 150 сварочных постов были изготовлены на заводе самостоятельно, но конструктивно имели следующие недостатки: Деревянные клеммные ящики от нагрева иногда воспламенялись. Сегменты чугунных резисторов от нагрева коробились и давали трещины, создавая обрыв тока. Предельная сила тока 450А. при нагреве реостата падала до 200А. и не позволяла обеспечить равномерность и должное качество сварного шва, особенно на повышенных режимах и с применением электродов большого диаметра.<sup>125</sup>

Для получения требуемой силы тока сварщики замыкали отдельные секции сопротивлений броневой обрезаю и тем самым способствовали быстрому выходу из строя этих реостатов. Чтобы поддерживать в нормальном рабочем состоянии эти реостаты, требовалась бригада из 5-ти чел. электромонтеров, причем эти агрегаты требовали капитального ремонта с полной разборкой каждые два месяца.

В дальнейшем, по проекту инженера Яшина были изготовлены реостаты из бракованной аустенитовой проволоки на силу тока в 600А. Они оказались более стойкими в работе, а главное, были способны выдержать, в отличие от предыдущей конструкции, сварку на повышенной силе тока и в условиях использования электродов повышенной толщины. Последнее было особенно актуально, так как от толщины и однородности сварочного шва зависла механическая прочность всего бронекорпуса танка.

Постоянное возрастание плана корпусного производства сначала пытались покрыть простым увеличением мощностей, однако, со временем выяснилось, что сварочные машины постоянного тока заводу достать больше не удастся. Руководством было принято решение, по примеру завода №183 перевести сварку ответственных швов бронедеталей Т-34 на сварку переменным током. Расширение сварочных мощностей (переменного тока) на предприятии проходило первоначально именно из-за дефицита установок постоянного тока. К тому времени (нач. 1942 г.) было подготовлено производство электродов марки К-5, годных для работы на переменном токе.

При переходе предприятием на сварку переменным током, возник ряд затруднений. Первоначально разводка шин к сварочным дросселям была выполнена магистральным способом, в виде прокладки к сварочным постам общих шин, т.е. по образцу сварочных сетей многопостовых машин постоянного тока. Однако при производстве сварочных работ оказалось, что при данной схеме совершенно невозможно проводить работы переменным током, т.к. влияние сварочного тока одного поста распространялось на другие, и наоборот.

<sup>125</sup> ГАСО. Р-262. Оп.1. Д.68. Л.116.

Для устранения этих проблем инженеры Кремер и Дагоманский предложили новый вариант разводки сетей. Предполагалась подводка к каждому отдельному сварочному посту отдельной шины. При этом возник вопрос о снабжении этих шин дросселями. Восстанавливавшийся после эвакуации завод «Электрик» не мог поставить заказанное ему оборудование (дросселя) в количестве 50 единиц одной партией.

Временным выходом из этой ситуации была самостоятельная разработка инженерами УЗТМ и изготовление (Кремер, Яшин) дросселей с регулировкой силы сварного тока витками. Спустя некоторое время, с получением фабричного оборудования типа РСТ-32 с завода «Электрик», эти «самопалы» были заменены. При последующих установках многопостовых трансформаторов были учтены все недочеты в проектировке и монтаже шинной разводки от трансформатора 660 кв. и пуск сварочного оборудования переменного тока происходил в штатном режиме.<sup>126</sup>

До 1940 г. автоматическая сварка в СССР не получила широкого производственного применения. Первый сварочный автомат был построен и смонтирован на УЗТМ в конце 1940 г. и предназначался для соединения круговых швов в индивидуальном производстве. Он работал по типу открытой дуги, т.е. без флюса, на постоянном токе. Создан он был под руководством группой инженеров во главе Степановым В.В. при автогенном бюро. Однако данная аппаратура имела несколько серьезных недостатков: сильное световое излучение открытой электрической дуги, применение постоянного тока, и специальной электродной обмазки. Отмечался ненадежный контакт электрода с поверхностью и неустойчивая передача тока.

В начале 1941 г. для сварки прямолинейных швов в индивидуальном производстве, был смонтирован новый автомат типа «Трактор», который работал уже по типу «закрытой дуги», т.е. под слоем флюса. Такой способ имел ряд преимуществ, в частности, повышенный КПД, допускавший применение переменного тока, лучшее качество шва, облегченное обслуживание автомата ввиду закрытой дуги.

Автоматическая сварка до войны проводилась на деталях индивидуального производства из малоуглеродистой стали. При этом, малоуглеродистые стали почти не закачивались, не происходило и легирования металла шва основным металлом. Все это заметно облегчало процесс сварки малоуглеродистой стали по отношению к бронебойной.

В начале Великой Отечественной войны автогенное бюро завода было реорганизовано в сварочный отдел № 76. В его рамках был создан отдел автоматической сварки в составе Тарасова П.П., Степанова В.В., Дятлова В.И. С началом корпусного производства пришлось работать с легированной сталью. Сварка легированных сталей сопровождалась закалкой зоны металла лежащей непосредственно под швом, а также более значительным насыщением металла шва элементами самой стали, нежели находящимися в электродной проволоке. В результате этих явлений сталь приобретала склонность к образованию трещин.

---

<sup>126</sup> ГАСО. Р-262. Оп.1. Д.68. Л.130.

Технология автоматической сварки легированной стали, разработанная сварочным отделом автогенного бюро завода, предусматривала использование присадочных стержней с ферротитановой обмазкой, которые укладывали в разделку шва перед сваркой. Это способствовало уменьшению легированности металла шва путем ослабления разваривания основного металла за счет введения в шов малоуглеродистой проволоки. Это также повышало пластичность шва. Введение в шов титана делало его более вязким.

Первым в бронекорпусном производстве был использован автомат типа «Трактор». Он производил сварку замковой балки верхнего кормового листа и экрана нижнего листа носа корпуса машины типа «КВ». Хотя были разработаны проекты установок автоматической сварки корпуса в собранном виде, вследствие их сложности и отсутствия должного количества аппаратов, они осуществлены не были. Тем более, что в начале 1942 г. начался выпуск корпусов к танкам Т-34 и автосварка на машине «КВ» не получила дальнейшего развития. В дальнейшем, на УЗТМ использовался довольно распространенный на предприятиях НКТП автоматический сварочный агрегат типа «АСС» - (Автомат Скоростной Сварки) под слоем флюса. Конструкция его была разработана Институтом электросварки АН УССР и нач. к концу 1941 г. получать распространение на танковых заводах НКТП. Эвакуированный в Н.Тагил Институт электросварки во главе с Е.О. Патоном оказал огромную помощь по внедрению этой технологии в производство на основных предприятиях НКТП СССР.

В результате внедрения на УЗТМ первых 5 автосварочных установок (одна типа «Трактор» и 4 «АСС») было достигнуто высвобождение 5 чел. рабочих-сварщиков, достигнута экономия в потреблении электроэнергии с 6 кв./ч. (при ручной сварке на постоянном токе) до 2,8 кв./ч. (при автоматической на переменном), на 1 кг. наплавленного металла. Более того, переход на автосварку сократил производственные площади на 50 кв. м. Для включения установок непосредственно от подстанций были проложены специальные кабели.

Сварочным отделом УЗТМ было установлено, что многослойная сварка также улучшает механические свойства металла шва. Институт Электросварки АН УССР рекомендовал однослойную автоматическую сварку по необмазанным присадочным стержням как более производительную. Поэтому в ходе освоения танка Т-34 в 1942 г., происходившего при участии института, завод применял однопроводную сварку по голым присадочным стержням. Полигонные испытания подтвердили слабость такой сварки. Были обнаружены многочисленные дефекты, в том числе непроварка по кромкам разделки. Это заставило перевести наиболее важные узлы корпуса на многопроводную технологию соединения. Одновременно с повышением механической прочности шва, многослойная сварка давала возможность путем повторных проходов сгладить первоначальный шов, провести термическую обработку этого шва, произвести отпуск зоны заковки основного металла.

Появление трещин на основных деталях бронекорпуса Т-34, как продольных, по зоне заковки, так и поперечных, выявило необходимость

введения низкого отпуска узлов, выполненных ручной и автоматической сваркой. Особая чувствительность к образованию отколов узлов выполненных при помощи автосварки являлось, очевидно, следствием большей напряженности подкаленной зоны по отношению к другим – как результат машинной сварки.<sup>127</sup>

В ходе сварки открытой дугой стремились создать автоматы, обладающие большой чувствительностью к поддержанию постоянства вольтовой дуги, чтобы обеспечить надежную работу. Такие автоматы (типа АСС, с головками Бушtedта) имели довольно сложные электрические схемы, и их эксплуатация часто сопровождалась неисправностями. При сварке закрытой дугой необходимость в автоматически регулируемой скорости подачи электродной проволоки отпадала, т.к. благодаря хорошей ионизации дугового промежутка и постоянной скорости электродной проволоки наблюдалось явление саморегулирования.

Явление саморегулирования процесса сварки, при постоянной скорости подачи электродной проволоки, открытое В.И. Дятловым, объясняется перераспределением баланса тепла, при изменении длины дуги, идущего на расплавление металла и флюса и направленного в сторону поддержания постоянства длины вольтовой дуги при заданном напряжении на зажимах источника тока.

Этот способ был назван «флюсодуговой сваркой». При этом способе электрическая схема автомата была значительно упрощена. Теперь электродная проволока подавалась в зону дуги с постоянной скоростью от асинхронного мотора, а все вспомогательные цепи были упразднены. Сила тока при «флюсодуговой сварке» регулировалась изменением скорости подачи электродной проволоки. Таким образом, в технологических картах указания силы тока были заменены указанием скорости подачи проволоки.

В середине 1944 г. по предложению мастера Г.Х. Лабунец была опробована двухэлектродная сварка. На стандартную катушку для электродной проволоки надевались две небольших бухты, концы которых уходили в мундштук. Подающий и прижимной ролики также были увеличены. Двухэлектродная сварка применялась при производстве корпусов САУ СУ-100 на узлах «борт с днищем подкрылка» и «днище».<sup>128</sup>

Работавшие в цехах УЗТМ в годы войны сварочные автоматы по принципу действия можно разделить на две группы: первая – с автоматической скоростью подачи электродной проволоки (АСС, Р-190, типа «Трактор» – с головками Бушtedта) и вторая – с постоянной скоростью подачи проволоки (СА-1000, САГ, СГ-2000).

По конструктивному исполнению действовавшие установки разделялись также на несколько групп. При навесном типе автомат размещался на передвижном мосту, над свариваемым изделием или узлом (нос, борта, днище корпуса), а рабочие места располагались параллельно друг другу. Сварка осуществлялась ходом автомата. При консольном типе крепления, автомат располагался на стационарных направляющих в стороне от сва-

<sup>127</sup> ГАСО. Р-262. Оп. 1. Д.69. Л.218.

<sup>128</sup> Там же. Л.229.



риваемых узлов. Рабочие места были размещены в одну линию (подкрылки со своими днищами, задний мост), сварка осуществлялась ходом автомата. На аппаратах карусельного типа сварочная головка устанавливалась на неподвижной консоли. Изделие устанавливалось на планшайбу и вращалось со сварочными скоростями (сварка башен). Сварка осуществлялась ходом изделия.

В 1945 г. число установленных на УЗТМ автоматов достигло 17 штук. Из них 8 с автоматически регулируемой скоростью подачи проволоки (с головкой Бушtedта) и 9 с постоянной подачей (СА-1000, СГ-200, САГ) изготовления Уралмашзавода.<sup>129</sup>

За годы Великой Отечественной войны в ходе развития сварочного производства на заводе были разработаны автоматы собственного производства. Первым из них стал СА-1000 (сварочный автомат мощностью до 1000А.). К середине 1943 г. он был изготовлен, испытан и смонтирован в цехе. В дальнейшем эти установки были задействованы на корпусных швах всех объектов, которые строил УЗТМ.

Автомат типа САГ был изготовлен для производства объекта 703 (корпуса танка ИС) по чертежам Института электросварки. После испытаний в заводских условиях, особого распространения не получил, ввиду конструктивных недостатков и, как следствие, неустойчивой работы. Сварочная головка СГ-2000 была спроектирована для работы с малоуглеродистыми проволоками повышенного диаметра 6 – 8 мм. С целью раскисления металла шва в новой головке предусматривался дозатор соответствующей смеси. Эта головка применялась для изготовления башен объекта 703. Заводскими инженерами велись попытки создать переносные авто-сварочные установки, однако удовлетворительной конструкции тогда так и не удалось создать.

---

<sup>129</sup> ГАСО. Р-262. Оп. 1. Д.69. Л.242.